Aus dem Zahnärztlichen Institut der Universität Breslau.
(Direktor: Professor Dr. Euler)

Untersuchungen
über das Verhalten des Zahn-Kautschuks nach mehrfachem Vulkanisieren

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Würde des Doktors der Zahnheilkunde bei der Hohen Medizinischen Fakultät der Schlesischen Friedrich Wilhelms-Universität zu Breslau

vorgelegt von

Annemarie Chovanec

BRESLAU 1930
HOCHSCHUL-VERLAG BRESLAU
Druck von Karl Vater :: Breslau 5 :: Siebenhufenerstraße Nr. 11/15

Gedruckt mit Genehmigung der Hohen Medizinischen Fakultät
der Schlesischen Friedrich-Wilhelm-Universität Breslau.

1. Berichterstatter: Professor Dr. Greve.
2. „ Professor Dr. Eulen.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinen Eltern gewidmet

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548224_0182

Wenn Patienten mit einem Defekt ihrer Platte zu uns in die Sprechstunde kommen, bleibt immer die Frage offen, ob wir aus finanziellen Rücksichten ihren Wünschen nachkommen und ihnen eine nochmalige Reparatur ihrer Platte gewähren oder ihnen zu einer Neuanfertigung anraten bezw. eine Reparatur der alten entschieden ablehnen müssen. Daß der Kautschuk während des Vulkanisationsvorganges Veränderungen unterworfen ist, die sich dann am fertigen Stück übel bemerkbar machen können, ist wohl bekannt; daß eine mehrmalige Vulkanisation diesen Schaden nicht konstant hält, sondern eher noch verschlechtert, ergeben meine später hier zu besprechenden Versuche.

Snow und Gysi haben sich mit der Formveränderung des Kautschuks eingehend befaßt. Der Kautschuk dehnt sich, wie jeder Körper, beim Erhitzen aus, und zwar hat er von allen Körpern den größten Ausdehnungskoeffizienten. Die Wärmedehnung eines Körpers steigt proportional der Temperatur, sodaß wir im allgemeinen gerade beim Kautschuk, der einer Temperatur bis zu 170° C ausgesetzt ist, eine beträchtliche Ausdehnung vermuten können. Diese tritt auch erwiesenermaßen ein. Besonders bemerkenswert ist nun, daß die Ausdehnung des Kautschuks einen Teil des Materials aus der vorbereiteten Form preßt, in die es zur Herstellung eines künstlichen Gebisses gebracht wird. Im Endresultat führt beim vulkanisierten Kautschukgebiß die Temperaturausdehnung des Materials also zu einem Materialverlust. Und tatsächlich hat Gysi beim schwarzen De Trey Solila Kautschuk einen Dehnungsverlust von 9,585% gefunden, beim roten von 8,21%, beim rosa von 6,19%. Dieser durch seine Wärmeausdehnung ausgepreßte Kautschuk kann beim Abkühlen auf Zimmertemperatur nicht mehr zurückfließen, weil er unterdessen hart geworden ist, und fehlt dann am Hauptstück (Gysi). Gysi bestimmte das

Volumen einer Hohlform und das spezifische Gewicht des verwendeten Kautschuks. In diese Hohlform bohrte er ein rundes Loch, durch das der sich dehnende Kautschuk herausfließen konnte. Nach dem Vulkanisationsprozeß stellt er das Gewicht des Ueberflußkautschuks fest: die Summe der Gewichte aus dem Ueberflußkautschuk und dem fertig vulkanisierten Kautschukstück müßte das ursprüngliche festgestellte Volumen ergeben. Gysi konnte aber beobachten, daß das nicht zutrifft, sondern daß das Gewicht des vulkanisierten Stückes geringer ist. Und zwar rührt nach seiner Meinung dieser Gewichtsverlust von dem Schrumpfungsprozeß her, dem der Kautschuk beim Vulkanisieren ausgesetzt ist. Tatsächlich soll das spezifische Gewicht des fertig vulkanisierten Stückes um 4% schwerer geworden sein, was für eine Schrumpfung sprechen würde; denn durch eine Schrumpfung ist eine Verdichtung des Kautschuksmoleküls bedingt; Snow bezeichnet diese Art Schrumpfung auch als molukulare Schrumpfung, die dadurch zustande kommt, daß sich der Schwefel mit dem Kautschuk verbindet, wodurch dieser während der Vulkanisation aus dem halbflüssigen in den festen Zustand übergeht. Dadurch wird nach Snows Meinung der Kautschuk dichter und spezifisch schwerer.

Jung und Müller haben eine Zunahme des spezifischen Gewichtes des vulkanisierten Kautschuks um 3% feststellen können.

Der molukulare Schrumpfungsprozeß beträgt nach Gysi 4,15% und wenn man die 9,585% Dehnungsverlust hinzurechnet, so sind es 13,733% Totalverlust beim schwarzen Kautschuk, 12,4% beim roten Kautschuk und 8,55% beim rosa Kautschuk.

Ebenfalls nahm Snow Messungen vor an Kautschukstücken vor und nach der Vulkanisation und stellte auch einen Gesamtverlust fest. Seine Werte unterscheiden sich ein wenig von denen Gysis. Bei Asch dark elastic fand er einen Totalverlust von 11,68%, im einzelnen eine molukulare Schrumpfung von 7,6% und einen Dehnungsverlust von 4,08%.

Die Differenz von Snows und Gysis Berechnungen sollen nach Ansicht des letzteren darauf zurückzuführen sein, daß Snow andere Kautschuksorten verwandte als Gysi und seine Küvette bei 100° mit Kautschuk füllte, während Gysi dies schon bei Zimmertemperatur besorgte. Dadurch hat Snow schon bei Beginn der Untersuchungen einen

Volumenverlust infolge der Wärmedehnung des Kautschuks von Zimmertemperatur bis auf 100° C; er konnte daher nur noch die Kautschukdehnung von 100° bis 160° messen (Gysi). Auf die Einzelheiten der Untersuchungen von Gysi und Snow will ich nicht eingehen; jedenfalls untersuchten beide außer schwarzen noch roten und rosa Kautschuk. Mit der Zunahme des Farbstoffes nimmt der Totalverlust ab, sodaß also der rosa Kautschuk den geringsten Volumenverlust hat.

Durch eine weitere Versuchsanordnung hat Gysi die Richtigkeit dieser ca. 12% Totalverlust nachgeprüft. Er hat vor allem jedes Stadium des Vulkanisationsvorganges „in vitro" verfolgen können, indem er statt in Wasser in Glyzerin, das bei gewöhnlichem Atmosphärendruck bis auf 160° erhitzt werden kann, ohne daß der Kautschuk dabei einen Schaden erleidet, vulkanisierte. Das wichtigste dabei war, daß er mit gewöhnlichem Atmosphärendruck vulkanisierte, wodurch er außer einer molekularen Schrumpfung und einer Dehnung, die Schwefelwasserstoffentwicklung und die Abkühlungskontraktion beobachten konnte.

Einen mit Glycerin gefüllten Kessel versah er mit einigen Aluminiumtablaren, auf denen die verschiedenen Proben Kautschuk lagen; in den oberen Teil des Kessels brachte er ein graduiertes Steigrohr und ein bis auf 170° geeichtes Thermometer. Zunächst ließ er die Kautschukproben weg und erwärmte den mit Glycerin gefüllten Kessel. Die Werte des sich ausdehnenden Glycerins zeichnete er auf Koordinatenpapier ein und erhielt die „Glycerinausdehnungskurve". Nach der Abkühlung steht das Glycerin auf demselben Niveau wie vor dem Erwärmen des Kessels. Dieses ändert sich jedoch, wenn er zwischen die einzelnen Tablare Kautschukstücke legte. Er bekommt auch in diesem Falle eine Ausdehnungskurve, in der aber auch die Ausdehnung des Kautschuks inbegriffen ist. Nachdem alles wieder auf 15° C abgekühlt ist, steht das Niveau des Glycerins im Steigrohr immer niedriger als der Startpunkt war, also unter dem Nullpunkt der Kubikzentimetereinteilung im Steigrohr und kann daraus ersehen werden, wieviel die molekulare Schrumpfung des vulkanisierten Kautschuks beträgt, nämlich 4%. Um die Wärmedehnung zu ermitteln, berechnete Gysi eine zweite Glycerinkurve. Die berechnete Glycerinkurve subtrahiert er von der Glycerinkautschukkurve, um die Ausdehnung des Kautschuks zu erhalten. Die senkrechte Entfernung der berechneten Glycerinkautschukkurve ist dann der absolute Be-

trag der Kautschukdehnung. Die größte Kautschukdehnung war bei Gysi zwischen 150° und betrug 8,85%.

Daß am fertigen Stück im ganzen 12% Volumenverlust zu verzeichnen ist, kann doch von einem großen Einfluß auf das Passen einer Prothese sein. Wenn auch die Schleimhaut des Mundes sehr adaptionsfähig ist und sich bis zu einem gewissen Grade jede Kautschukprothese anpaßt, so kann doch diese Art von fertigen Prothesen unmöglich die gewünschte Forderung an eine exakte Fertigstellung erfüllen; und wenn man in Betracht zieht, daß bei jedem weiteren Vulkanisieren derselbe Volumenverlust eintreten könnte, so wäre von vornherein eine mehrmalige Reparatur direkt kontraindiziert. Es ist also berechtigt, der Prüfung dieses Fragenkomplexes nachzugehen.

Brammer hat am bereits vulkanisierten Stück eine Volumenverminderung gefunden, die nach seiner Meinung herrührt:

1. von dem zuviel gestopften Kautschuk, der sich in den Abzugskanälen befindet;
2. von der molekularen Schrumpfung, wie er es nennt, „molekulare Schwindung";
3. von dem noch nicht vulkanisierten ausgepreßten Kautschuk, der sich infolge der zunehmenden Wärme ausdehnt und nicht wieder zurückfließen kann, da er inzwischen hart geworden ist.

Die Kautschukschrumpfung befände sich besonders an den dicksten Stellen der Platten, demnach im Alveolarteil und auch besonders an den glatten Flächen, also in der Gegend der Zähne. Daß sich die Schrumpfung hier am stärksten zeigt, beweisen die vielen abgebrochenen Zähne, die quer in der Gegend der Crampons abbrechen. Diese Beobachtung habe ich selbst oft machen können. Nach genauen Untersuchungen erkennt man zwischen Zahn und Kautschuk einen Spalt, in den, wie Brammer sagt, Speisereste hineingepreßt werden, quellen, eine Hebelwirkung ausführen und so den Bruch auslösen.

Brammer hat wohl die Schrumpfung des Kautschuks vermindern können, indem er nach der von Gysi angegebenen Methode durch Auflegen einer Zinnfolie die Schrumpfung nach einer bestimmten Richtung hin ablenkte, ferner die Crampons mit Spence Aluminiumpulver umgab und nach seiner eigenen Angabe Flochzähne mit Knopfstiften

verwendete und durch Anlöten von Blechstücken an die Knöpfe die Projektionsfläche, in der überhaupt keine Schrumpfung vorhanden war, vergrößerte, Eine vollkommene Beseitigung der Schrumpfung hat er aber nie erzielen können.

Im Handbuch der Zahnheilkunde von Scheff finden wir über die Kautschukschrumpfung folgende Vermerke:

„Die Kautschukschrumpfung setzt sich zusammen

1. aus dem Verlust des durch die Abflußkanäle bei der Wärmedehnung aus der Form ausgetretenen Kautschuks, der nicht mehr in die Form zurückkehrt;
2. aus der Volumabnahme bei der chemischen Bindung und der Addition des Vulkanisationsvorganges;
3. Aus der Kühlungsschrumpfung bei der Abkühlung der vulkanisierten Form".

An gleicher Stelle heißt es über Kautschukausdehnung: „Durch die Erwärmung der Hohlform erfolgt eine starke Dehnung des Kautschuks. Wie das frierende Wasser bei seiner Dehnung Gefäße sprengt, so verletzt der sich dehnende Kautschuk die Modelle und fälscht die Prothesenform, wenn wir nicht Abflußkanäle anbringen".

Eine Bemerkung von Schönbeck über die Formveränderung des Kautschuks während des Vulkanisationsvorganges sei hier noch erwähnt: „Auf eines ist besonders zu achten, daß der Kautschuk beim Vulkanisieren Schwindung zeigt, eine Erfahrung, der auch von zahnärztlicher Seite Rücksicht getragen werden muß".

Bemerkenswert sind hier vor allem Untersuchungsergebnisse von Schwarz. Er untersuchte die Festigkeit und die lineare Schrumpfung schwarzer und roter Kautschukplatten der Firma De Trey nach dreimaligen Vulkanisationen. Nach einmaligem Vulkanisieren betrug die lineare Schrumpfung der schwarzen Platten 0,0 bis 0,4 mm auf 50 mm Länge, der roten Platten 0,0 bis 0,2 mm ebenfalls auf 50 mm Länge. Nach zweimaliger Vulkanisation war bei den roten Platten keine weitere Schrumpfung festzustellen, die schwarzen dagegen schrumpften um nochmals 1%. Nach dreimaligem Vulkanisieren betrug beim schwarzen Kautschuk die lineare Schrumpfung ca. 0,8%, beim roten ca. 0,5%. Die Festigkeit der Kautschukplatten dagegen erlitt durch das mehrmalige Vulkanisieren keinen Schaden. Auch nach einem vierten Vulkanisationsakt ergab sich noch kein Unterschied der Schneid- und Biegfestigkeit. Der De Treysche rote und

schwarze Kautschuk wird durch wiederholtes Vulkanisieren in seiner mechanischen Festigkeit nicht geschädigt (Schwarz).

Schwarz bestrich rohe Kautschukplatten mit Chloroform, Benzin und Tetrachlorkohlenstoff und bewies, daß nach deren Vulkanisationen die mit Chloroform und Benzin gelösten Platten durchaus keine Veränderungen aufwiesen, während die mit Tetrachlorkohlenstoff behandelte Platte gegenüber den unbestrichenen Kontrollplatten schwammige Konsistenz zeigte. Schwarz äußert sich diesbezüglich: „Die fertig vulkanisierte Kautschukplatte auf Chloroformanstrich und Benzinanstrich zeigten gegenüber den Kontrollplatten bezüglich Schneid- und Biegfestigkeit keinen Unterschied. Die Platten auf Tetrachlorkohlenstoffanstrich wiesen dagegen, wenn auch nur geringgradig, schwammige Konsistenz auf; der Tetrachlorkohlenstoff setzt die Festigkeit des vulkanisierten Kautschuks dauernd herab".

Die mit den eben angegebenen Chemikalien behandelten Platten zeigten gegenüber den Normalplatten eine größere Schrumpfung. Nach der ersten Vulkanisation betrug die Schrumpfung 1,2—2,0%, nach der zweiten ca. 0,5—0,8%. Von sämtlichen Platten schrumpften erstens die schwarzen und zweitens die mit Tetrachlorkohlenstoff behandelten Platten am meisten. Um den Einfluß, den der bereits vulkanisierte Kautschuk auf den unvulkanisierten ausübt, zu beobachten, legte Schwarz auf eine bereits vulkanisierte Basisplatte roten und schwarzen Kautschuk auf und vulkanisierte beides unter Anwendung von Abzugskanälen. Er fand, daß sich der neuaufgelegte Kautschuk mit der Unterlage fest verbindet.

An dieser Stelle ist noch auf eine Arbeit von Planer Bezug zu nehmen, der fertige Prothesen mehrmaligen Vulkanisationen unterzog. Vor der ersten Vulkanisation fertigte er von jeder Prothese einer Unterguß an, und schnitt einmal in die Prothesenform und dann in den Unterguß Einkerbungen in Form von Linien und Figuren ein. Im ersten Falle müßten nach Planer bei der geringsten Formveränderung des Kautschuks die Figuren ein verwischtes Bild zeigen, im zweiten Falle dagegen an den Stellen der Prothese, die mit der Gipsform in Berührung kommt, Abdrücke der Figuren der Untergüsse erkennbar sein. Zunächst benutzte er noch nicht im Munde getragenen Kautschuk. „Das Ergebnis dieser Versuchsreihe ist nun, daß die Konstanz der Eigenform bei der Vornahme von mehrmaligem Vulka-

nisieren von Kautschuk, der noch nicht im Munde getragen worden war, im allgemeinen gegeben ist". Bei der Verwendung des Kautschuks, der den Mundeinflüssen schon ausgesetzt war, war das Resultat gerade umgekehrt. „Das Ergebnis der Versuchsreihe bei Verwendung von Kautschuk, der schon längere Zeit den Mundeinflüssen ausgesetzt war, hat also gezeigt, daß es absolut ratsam und angezeigt ist, sich nicht auf die Konstanz der Eigenform zu verlassen. Was die Abhängigkeit der Störung der Eigenform von der Häufigkeit der Vulkanisierungsakte betrifft, so habe ich gefunden, daß Prothesen, die beim zweimaligen Vulkanisieren keine Störungen zeigten, auch beim dritt- und viertmaligen Vulkanisieren unverändert blieben, unter der Voraussetzung, daß sie inzwischen nicht wieder Mundeinflüssen ausgesetzt wurden". So würde demnach in der Praxis umgesetzt mehrmaliges Vulkanisieren bei Reparaturen einen Verlust der Eigenform bedingen, die nach Planer außerdem noch durch die Volumsänderung des Einbettungsgipses beim Vulkanisierakt und die Volumsänderung des schon vulkanisierten Kautschuks beim zweimaligen Vulkanisieren entstehen können.

Zur Vervollständigung der Literaturangaben zitiere ich noch zwei Arbeiten von Wirz und Paetz, die sich vor allem mit der Festigkeit des unter verschiedenen Bedingungen vulkanisierten Kautschuks befaßten. Wirz prüfte mittels eines eigens dazu hergestellten Apparates die Elastizität des vulkanisierten Kautschuks, und zwar die Zug- und Torsionselastizität. Er untersuchte, wie der vulkanisierte Kautschuk erstens auf Kräfte reagiert, die in der Richtung der Längsachse dieses Kautschuksmaterials wirkten und zweitens auf Kräfte, die senkrecht zur Längsachse angreifen, die also die Abscherung und die Verdrehung bewirken. Er variierte die Vulkanisationstemperatur, die Vulkanisationszeit, und die Steigzeit und brachte eine bestimmte Vulkanisationszeit, die dazu gehörige Vulkanisationstemperatur und die dazu gehörige Steigzeit in Beziehung zu einer Elastizitätsgrenze bezw. Torsionsgrenze, zu einem bestimmten Elastizitätsmodul, bezw. Torsionsmodul, zu einer bestimmten Bruchgrenze usw. Es bewies an Hand von Kurven und Tabellen, daß bei einer Temperatur von 165° einer Steigzeit von 40 Minuten und einer Vulkanisationsdauer von 75 Minuten die Elastizität des Kautschuks, sowohl die Zug- als auch die Torsionselastizität am besten war.

„Wir sehen also deutlich, daß ein und derselbe Kautschuk seine elastischen Eigenschaften ändert, je nachdem er vulkanisiert wird“ (Wirz).

Paetz stellte 7 cm lange Kautschukstäbe mit einem Querschnitt von 1,0 × 0,25 cm her, die er unter verschiedenen Voraussetzungen vulkanisierte. Bei der ersten Versuchsreihe ist die Vlkanisationsdauer konstant, der Druck dagegen Schwankungen unterworfen, d. h. er vulkanisierte 70 Min. lang bei einer, zwei, drei Atmosphären bis 12 Atmosphären. Bei der zweiten Versuchsreihe ist der Druck eine konstante, die Vulkanisationsdauer eine variable Größe; demnach vollzog er Vulkanisationen bei einem Druck von 7 Atmosphären je 10, 20, 30—120 Min. Die so vulkanisierten Stäbe prüfte er erstens auf ihre spezifische Dichte und zweitens auf ihre Bruchfestigkeit.

Vergleicht man die Tabellen und die Kurven, die das Verhältnis des spezifischen Gewichts zu den zugehörigen variierenden Atmosphären bezw. Vulkanisationszeiten wiedergeben, so geht aus ihnen hervor, daß mit einem Anstieg der Atmosphären bezw. Vulkanisationszeiten eine Vergrößerung des spezifischen Gewichts einhergeht. Die Kurven erreichen ihren höchsten Punkt bei 7 Atmosphären bezw. bei einer Vulkanisationsdauer von 70 Min., um dann bei Erhöhung dieser beiden letzten Faktoren wieder zu sinken. Die Kurve der ersten graphischen Darstellung, bei der die Abcisse die Atmosphärendrucke und die Ordinate die spezifischen Gewichte darstellen, weist einen steilen Charakter auf; die Kurve der zweiten graphischen Darstellung, bei der die Abcisse entsprechend die Vulkanisationszeiten angibt, fällt dagegen sehr langsam. „Verfasser glaubt behaupten zu können, daß für alle Vulkanisationsprozesse zu jeglicher Bedingung das Maximum der Dichte etwa bei 7 Atmosphären Dampfdruck und ca. 70 Min. erreicht wird“ (Paetz).

Die Bruchfestigkeit des vulkanisierten Kautschuks hat Paetz ebenfalls in Beziehung gebracht zu verschiedenen Atmosphärendrucken bezw. Vulkanisationszeiten. Er prüfte, wie hoch die Spannung in kg ausgedrückt sein müßte, den Bruch des unter verschiedenen Bedingungen vulkanisierten Kautschuks bei einer mechanischen Beanspruchung auf Biegung herbeizuführen; er führte den Begriff „Bruchbiegungsspannung“ ein. Es zeigte sich, daß die nach der ersten Versuchsreihe angegebenen vulkanisierten Stäbe bei einem

Druck von 8 Atmosphären und 70 Min. Vulkanisationsdauer die größte Bruchbiegungsspannung besitzen, dagegen weisen die Stäbe der zweiten Versuchsreihe die größte Bruchfestigkeit bei 7 Atmosphären und 90 Min. Vulkanisationsdauer auf. Paetz schreibt zusammenfassend darüber: „Der durchschnittliche Wert für die Bruchbiegungsspannung beträgt 1150 kg pro Quadratzentimeter als Querschnitt eines Stabes, der auf Biegung beansprucht wird.“ Und über das Verhältnis des spezifischen Gewichts zu den einzelnen Vulkanisationsdaten: „Erhöhung des Dampfdruckes und konstante Vulkanisationszeit (70 Min.) ergeben zunächst ein ansteigendes spezifisches Gewicht mit dem Maximum 1,872 bei ca. 7 Atmosphären Druck, um dann sich ziemlich schnell zu verringern und bei 12 Atmosphären den Wert 1,7265 zu erreichen. Variation der Vulkanisationszeit und konstanter Dampfdruck von 7 Atmosphären läßt auch zunächst das spezifische Gewicht ansteigen. Das Maximum wird bei 70 Min. im Werte 1,884 erreicht. Dann erfolgt ein langsames Abfallen und erreicht bei 120 Min. den Wert 1,872.“

Auf die eben angegebenen Erfahrungen über Kautschukschrumpfung bezw. Dehnung aufbauend, habe ich nun meine eigenen Versuch begonnen. Dabei habe ich zwei große Versuchsreihen aufgestellt: bei der ersten kam es mir in der Hauptsache darauf an, flächenhafte Formveränderungen des Kautschuks zunächst nach einmaliger und dann nach mehrmaligen Vulkanisationen festzustellen, bezw. die Ergebnisse der Schwarzschen Versuche einer Nachprüfung zu unterziehen. Bei der zweiten Versuchsreihe suchte ich herauszufinden, welchen mechanischen Einfluß die Vulkanisation auf 2 Kautschukplatten hat, ob sich der Kautschuk der einen Platte mit der anderen verbindet oder nicht. Aus den gefundenen Ergebnissen suchte ich einen Schluß zu ziehen für die Indikation des mehrmaligen Vulkanisierens von Reparaturen, bei denen ebenfalls bereits vulkanisierter Kautschuk mit unvulkanisiertem in Verbindung gebracht wird.

Ich habe 4 Kautschuksorten untersucht: den ungefärbten und den schwarzen der Firma Claud. Asch & Sons, den roten und den rosa Kautschuk der Firma Cormick & Co. Da die einzelnen Fabriken den Kautschuksorten verschiedenen Schwefelgehalt zusetzen und die Farbenbeimengung sehr differiert, was bereits auf die Eigenschaften des fertigvulkanisierten Kautschuks einen Einfluß hat, wählte ich für die einzelnen Farben immer nur dasselbe Fabrikat. Meiner

Meinung nach war dies die Grundbedingung, halbwegs brauchbare Ergebnisse zu bekommen, die nicht so sehr voneinander differierten.

Der Kautschuk wurde in viereckige Stücke geschnitten, die eine Länge von ca. 2 cm und eine Breite von ca. 1,5 cm hatten. Die Dicke wurde zuerst nach bestem Ermessen überall gleich gewählt, damit von vornherein eine Schrumpfung durch vertikale Kontraktion (nach Gysi) auszuschalten war. Gysi fand, daß diese vertikale Kontraktion an dickeren Stellen größer sei als an dünneren und 2% der Dicke einer Kautschukplatte beträgt.

Je ein farbloses, schwarzes, rotes und rosa Kautschukstück wurde sorgfältig von der sie umgebenden Leinwand getrennt, um nicht unnötig eine Dehnung des Rohkautschuks vorzunehmen. Wie wir wissen, ist der Rohkautschuk ein äußerst elastischer Körper, dessen Hysteresis von allen elastischen Körpern bei weitem die größte ist. Nun wurde mit einer ganz fein ausgezogenen Spitze in der Mitte der Platte, parallel der Längsseite 2 Punkte in den Kautschuk hineingestochen; die Entfernungen dieser Punkte habe ich mit einem Apparat gemessen, der auf tausendstel Millimeter geeicht war. Dieser besteht aus einer drehbaren Welle, auf der die hundertstel Millimeter aufgezeichnet sind. Außerdem ist ein Nonius angebracht, um die tausendstel Millimeter ablesen zu können. Eine Umdrehung der Welle von 0,01 mm bis zu 0,01 mm bedeutet 1 mm. Die Welle ist mit einem Mikroskop verbunden in dem Sinne, daß beim Drehen der Welle entweder nach rechts oder links ebenfalls sich das Mikroskop nach rechts oder nach links bewegt. Das Mikroskop ermöglicht durch einen genau in der Mitte des Gesichtsfeldes angebrachten Faden eine exakte Einstellung des Kautschukpräparates. Die hineingestochenen Nadelstiche sind im Mikroskop als ziemlich große Punkte sichtbar. Die Entfernung von dem einen Ende des Punktes bis zum anderen ist allein 0,10 mm, 0,20 mm. Selbst wenn man sich die größte Mühe gab, genau die Mitte dieses Punktes einzustellen und dann die Geradenmessung vorzunehmen, war prompt bei der Wiederholung der Messung ein Unterschied von ca. 0,10 mm zu verzeichnen. Daher wurden jedesmal von demselben Kautschukstück 4 Messungen vorgenommen und als Endresultat das Mittel dieser 4 Messungen berechnet. Mir kam es ja auch nicht so darauf an, absolute Werte zu erhalten, son-

dern vielmehr vergleichende, um aus ihnen einen Rückschluß auf die einzelnen Kautschukarten zu ziehen.

Die Entfernungen der beiden Punkte beim ungefärbten, gebleichten Kautschuk ergaben:

1. Messung 7,915 mm
2. „ 7,962 „
3. „ 7,944 „
4. „ 8,050 „

Das Mittel der 4 Messungen ist 7,968 mm.

Beim schwarzen Kautschuk 1. Messung 7,668 mm
2. „ 7,729 „
3. „ 7,629 „
4. „ 7,585 „

Das Mittel beträgt: 7,653 mm.

Beim roten Kautschuk 1. Messung 6,446 mm
2. „ 6,443 „
3. „ 6,400 „
4. „ 6,416 „

Das Mittel beträgt: 6,426 mm.

Beim rosa Kautschuk 1. Messung 7,041 mm
2. „ 6,984 „
3. „ 7,070 „
4. „ 7,040 „

Das Mittel beträgt: 7,034 mm.

Nun wurden die gemessenen Kautschukplatten in ca. 6,5 cm hohe Küvetten eingebettet; ich benutzte immer die gleichen Küvetten, die alle gut schlossen. In einer Küvette wurden immer vier Stückchen vulkanisiert, der größere Teil bis zur Hälfte mit Gips gefüllt, zwei Proben in einem kleinen Zwischenraum voneinander auf den Gips gelegt, dann wieder Gips bis zum Küvettenrand gefüllt, wieder zwei Proben eingebettet, dann wurde der andere Küvettenteil darüber gestülpt und mit Gips vollkommen ausgegossen. Die Kautschukstücke bettete ich demnach fest ein. Der Gips wurde nach Gysis Vorschriften nicht zu dünn, zu dick und zu lange angerührt, da derartiges nach Gysis die Härte des Gipses beschleunigt und seine Ausdehnung vermehrt. Und die Ausdehnung des Gipses während des Vulkanisierens ist sehr zu berücksichtigen, da der Gips imstande ist, auf Grund seiner Eigenschaften die Schrumpfung des Kautschuks zu begünstigen. Gysi zeigte an Hand einiger Versuche, daß eine Formveränderung des Kautschuks durch die

Beschaffenheit des Gipses bestimmt ist. „Bei der von uns Zahnärzten gebräuchlichen Vulkanisation in einer Gipsform gesellt sich zu der im Kautschuk selbst liegenden Fehlerquelle noch eine solche, die in den Eigenschaften des Gipses begründet ist, sodaß wir nicht nur volumenunrichtige, sondern auch noch formunrichtige Kautschukstücke erhalten". Eingebettete Wachsstücke, die die Form eines Cylinders, eines Prismas, einer Pyramide hatten, sahen nach der Vulkanisation vollkommen deformiert aus, indem alle Flächen konkav waren. Der Gips quillt während der Vulkanisation und zwingt den dagegen vulkanisierten Kautschuk, seine Form zu ändern (Gysi). Die Ausdehnung des Gipses hat Gysi auch dadurch feststellen können, daß Hervorwölbungen des Gipses, der mit dem Kautschuk unmittelbar in Berührung kam, beobachtet wurden. Dies beweist, daß der Gips sich während der Vulkanisation ausdehnt und in die Lücken des schrumpfenden Kautschuks gepreßt wird. Die beiden schlechten Eigenschaften des Gipses, nämlich seine Ausdehnung, die dem schrumpfenden Kautschuk gewissermaßen nachfolgt, und anstatt ihm Einhalt zu gebieten, seine Schrumpfung noch vermehrt, wie auch seine verhältnismäßig weiche Konsistenz, die sich darin äußert, daß der Gips dem sich ausdehnenden Kautschuk in keiner Weise standhält, sondern eher noch von dem Kautschuk deformiert wird, können nicht vollständig beseitigt werden. Ich versuchte sie wenigstens dadurch zu mildern, daß ich mich an die Vorschriften Gysis hielt und dem Gips beim Anrühren die richtige Konsistenz gab. Ich habe beim ersten Versuch die Platten fest eingebettet, um zu sehen, ob etwa Formveränderung des Kautschuks dadurch beeinflußt wird. Nach Gysi sind die Abzugskanäle nicht allein da, um den zuviel gestopften Kautschuk aufzunehmen (was bei mir garnicht in Frage kam), sondern auch, um den sich stark dehnenden Kautschuk aufzunehmen. Es müßte demnach nach obigen Erörterungen der Kautschuk, der ohne Abzugskanäle eingebettet ist, den Gips, von dem er umgeben wird, zerstören; er müßte gewissermaßen den Gips so weit, wie es zu seiner Ausdehnung notwendig ist, vor sich herschieben. Eine besonders starke Deformation des Gipses konnte ich nicht feststellen. Es lag wohl daran, daß ich nur ein verhältnismäßig kleines Kautschukstückchen vulkanisierte und vielleicht auch daran, daß der Gips, nachdem er den sich ausdehnenden Kautschuk in ziemlichem Grade nachgegeben hat, seine ursprüngliche

Form wieder einnimmt, da er gewissermaßen wie ein elastisches Kissen wirken soll. (Jung und Müller).

Die fertiggestellten Küvetten wurden nun in den Vulkaniesierkessel gebracht und bei einem Dampfdruck von 7 Atmosphären, einer Temperatur von 165° C, einer Steigzeit von 40 Min. und einer Vulkanisationsdauer von 75 Min. vulkanisiert. Für sämtliche Versuche wurde derselbe Kessel und erselbe Brenner benutzt. Ich gebrauchte einen kupfernen Kessel, der mit Bleieinfassungen abgedichtet war und durch einen überhangenen Bügel festgeschrabt werden konnte. Vom Kessel ging ein Schlauch zum Manometer; von hier aus wieder einer nach der Gaszufuhr. Daß besonders die Höhe der Temperatur auf die Formbeschaffenheit des vulkanisierten Kautschuks von Einfluß ist, wissen wir aus Erfahrung. Ich ging dabei im wesentlichen von Schönbeck's Bemerkung aus: „Die Vulkanisation richtet sich nach der Art des Kautschuks und nach der Stärke des Objekts und dauert durchschnittlich eine Stunde. Die Temperatur bezw. der Atmosphärendruck bei der Vulkanisation hängt von der Natur des Kautschuks ab, dürfte aber im allgemeinen 150 bis 160° C entsprechend einem Druck von 5 bis 7 Atmosphären betragen".

Die Frage, wie hoch man die Temperatur zum Vulkanisieren wählen soll, ist vielfach aufgeworfen worden. Gysi meint, man müßte bis höchstens 150° C vulkanisieren und dafür länger, weil bei 150° erst die Schwefelwasserstoffbildung auftritt. Dieser im Innern des Kautschuks entstehende Schwefelwasserstoff kann nicht entweichen, bläht deshalb die Kautschukmasse an der Oberfläche auf und verursacht die Poren. „Die Vulkanisationstemperatur sollte 160° C nicht übersteigen oder besser nur bei 150° C vorgenommen werden, was aber eine um 60 Min. längere Vulkanisationszeit beansprucht" (Gysi).

Scheff schreibt darüber: „Die Erhitzung auf 165° ist erforderlich, um ein möglichst elastisches und widerstandsfähiges Produkt zu erhalten".

Jung und Müller empfehlen eine Vulkanisation bei 165° 60 Min. lang oder bei 160° C 70 Min. lang.

Meiner Meinung nach war das beste das Vulkanisationsrezept von Wirz: „Man lasse die Temperatur rasch auf 130° steigen; bei 100° ist das Ventil 1—2 Min. zu öffnen. Dann lasse man langsam von 130° bis 165° steigen in 40 Min. und vulkanisiere 1¼ Stunde". Ich fand es auch als das

gegebenste, bei einer Temperatur von 130° die Flamme niedriger zu schrauben, um mit der geringeren Wärme eine langsamere Kautschukdehnung zu erzielen. Je langsamer die Dehnung anfangs vonstatten geht, um so weniger macht sich nachher eine Schrumpfung beim Kautschuk bemerkbar.

Nach beendeter Vulkanisation wurde sehr langsam abgekühlt, damit man nicht durch allzu rasches Abkühlen die Oberflächenschrumpfung und die innere Spannung vergrößert.

Gysi erwähnt eine Flächenkontraktion der ganzen Platte während des Abkühlens. Bei solch einer Platte soll sich der untere Prothesenrand heben und an dieser Stelle Druckstellen erzeugen. Das letztere kommt ja für meine Versuche nicht in Betracht. Ich habe aber, um überhaupt jegliches Verziehen des Kautschukplättchens zu verhindern, sehr langsam abgekühlt und erst nachher, als der Kessel schon lange auf 0 gesunken war, habe ich ihn aufgeschraubt und die Küvette geöffnet.

Die herausgenommenen Kautschukstücke sahen im großen ganzen überall eben aus, die Ränder waren wohl hie und da unregelmäßig, einzelne etwas aufgeworfen, jedoch habe ich mit dem bloßen Auge keine weiteren Veränderungen wahrgenommen. Am besten vulkanisiert war der rosa Kautschuk, als zweitbester der rote; am unregelmäßigsten waren noch der schwarze und der ungefärbte Kautschuk. Für die letztere Tatsache spricht der Farbstoffgehalt. Je weniger Farbstoff eine Kautschukart enthält, umso mehr besteht er aus Rohprodukten, und umso größeren Formänderungen ist er während der Vulkanisation unterworfen.

Die Entfernungen dieser vulkanisierten Kautschukstücke wurden einer nochmaligen Messung unterzogen und es ergab sich folgendes:

Der farblose Kautschuk	1. Messung	7,742	mm
	2. „	7,721	„
	3. „	7,698	„
	4. „	7,682	„
	Mittel	7,711	„
Der schwarze Kautschuk	1. „	7,510	„
	2. „	7,518	„
	3. „	7,519	„
	4. „	7,461	„
	Mittel	7,502	„

Der rote Kautschuk	1. Messung	6,392	„
	2. „	6,368	„
	3. „	6,368	„
	4. „	6,381	„
	Mittel	6,377	„
Der rosa Kautschuk	1. Messung	7,097	mm
	2. „	6,916	„
	3. „	7,018	„
	4. „	7,020	„
	Mittel	7,013	„

Wir stellen der besseren Uebersicht wegen die beiden Messungen, erstens der rohen Kautschukstückchen und zweitens der einmalig vulkanisierten Kautschukstückchen gegenüber:

ungefärbter Kautschuk	7,968 = 7,711 mm
schwarzer Kautschuk	7,653 = 7,502 „
roter Kautschuk	6,426 = 6,377 „
rosa Kautschuk	7,034 = 7,013 „

Aus diesen Zahlen ergibt sich nach der ersten Vulkanisation beim ungefärbten Kautschuk

eine Differenz	von 0,25 oder 0,257 mm
beim schwarzen Kautschuk	von 0,15 oder 0,151 „
beim roten Kautschuk	von 0,05 oder 0,049 „
beim rosa Kautschuk	von 0,02 oder 0,021 „

Es ist demnach eine geringe Schrumpfung festzustellen, die bedingt sein kann

1. durch die Abkühlung von 100° C auf Zimmertemperatur;
2. durch die sog. Flächenkontraktion, die einsetzt wenn man die Platten aus dem Gips herausnimmt.

Die schon einmal vulkanisierten Kautschukstücke wurden unter den gleichen Bedingungen zum zweiten und zum dritten Mal vulkanisiert. Die Messungen nach der zweiten Vulkanisation ergaben folgende Ergebnisse:

Der farblose Kautschuk	1. Messung	7,575	mm
	2. „	7,559	„
	3. „	7,558	„
	4. „	7,496	„
	Mittel	7,547	„
Der schwarze Kautschuk	1. Messung	7,407	mm
	2. „	7,499	„
	3. „	7,424	„
	4. „	7,396	„
	Mittel	7,431	„

Der rote Kautschuk	1. Messung	6,342	mm
	2. „	6,294	„
	3. „	6,263	„
	4. „	6,339	„
	Mittel	6,309	„
der rosa Kautschuk	1. Messung	6,932	„
	2. „	6,952	„
	3. „	6,959	„
	4. „	6,981	„
	Mittel	6,956	„

Die Differenz zwischen den Werten der 2. und 3. Messung beträgt:

beim ungefärbten Kautschuk	0,17 oder 0,164 mm
„ schwarzen Kautschuk	0,07 oder 0,071 „
„ roten Kautschuk	0,07 oder 0,068 „
„ rosa Kautschuk	0,06 oder 0,057 „

Nun wurden die Kautschukplatten einer nochmaligen Messung unterzogen, die Größe der Entfernungen war beim

ungefärben Kautschuk	1. Messung	7,499	mm
	2. „	7,490	„
	3. „	7,641	„
	4. „	7,613	„
	Mittel	7,561	„
schwarzen Kautschuk	1. Messung	7,431	„
	2. „	7,431	„
	3. „	7,466	„
	4. „	7,481	„
	Mittel	7,452	„
roten Kautschuk	1. Messung	6,257	mm
	2. „	6,350	„
	3. „	6,351	„
	4. „	6,275	„
	Mittel	6,308	„
rosa Kautschuk	1. Messung	6,990	„
	2. „	6,970	„
	3. „	6,968	„
	4. „	7,010	„
	Mittel	6,984	„

Während nach der zweiten Vulkanisation wieder eine Schrumpfung zu verzeichnen ist, finden wir nach der dritten Vulkanisation eine Ausdehnung. Ich kam hierdurch auf folgenden Gedanken: wir wissen, daß der Kautschuk, der mit

Abzugskanälen eingebettet ist, beim Erstarren nicht mehr zurückfließen kann und wir den am Hauptstück fehlenden Kautschukteil stets in den Abzugskanälen finden. Nun könnte es doch zutreffen, daß der fest eingebetteteKautschuk bei dem Abkühlungsprozeß ebenfalls nicht mehr zurückfließen kann, weil die Ränder inzwischen schon verhärtet sind. Das vulkanisierte Stück müßte größer als das roh eingebettete ausfallen; zum mindesten müßte eine, wenn auch nicht mit dem bloßen Auge wahrnehmbare, so doch mikroskopisch feststellbare Ausdehnung zu beobachten sein, was bei uns im letzten Versuch auch wirklich zutrifft. Der Grund für die auffallende Tatsache, daß eine Dehnung gerade in diesem Versuch und nicht schon in den vorangegangenen Versuchen stattfindet, ist wohl in einer Konstitutionsänderung des Kautschuks zu suchen.

Die Schrumpfung beträgt also im ganzen

beim farblosen Kautschuk	0,42 oder 0,421 mm
„ schwarzen Kautschuk	0,22 oder 0,222 „
„ roten Kautschuk	0,12 oder 0,117 „
„ rosa Kautschuk	0,08 oder 0,078 „

Am stärksten ist die Schrumpfung beim ungefärbten Kautschuk, selbst wenn man in Betracht zieht, daß die ursprüngliche Strecke von allen vier Kautschuksorten am größten war. Die Werte sind natürlich nur relativ. Aus obigen Versuchen ist aber ohne Zweifel ersichtlich, daß der rosa Kautschuk die geringste Schrumpfung erfährt.

Wenn ich meine gefundenen Schrumpfungswerte mit denen von Schwarz vergleiche, so sei an dieser Stelle bemerkt, daß sich meine Schrumpfungszahlen um ein beträchtliches höher stellen. Während Schwarz beim roten Kautschuk nach einmaliger Vulkanisation eine Schrumpfung von ca. 0,2 mm, beim schwarzen Kautschuk 0,4 mm, nach dreimaliger Vulkanisation beim roten Kautschuk von 0,25 mm, beim schwarzen von 0,4 mm auf 50 mm Länge feststellte, konnte Verfasserin nach einmaliger Vulkanisation beim roten Kautschuk eine Schrumpfung von ca. 0,4 mm, beim schwarzen 1,0 mm, nach dreimaliger Vulkanisation beim roten Kautschuk 0,9 mm, beim schwarzen 1,71 mm auf 50 mm Länge beobachten. Diese Differenz kann darauf beruhen, daß Schwarz vielleicht andere Kautschuksorten verwendete und bei einer anderen Temperatur vulkanisierte. Meine zahlenmäßig gefundene Schrumpfung des mehrmalig vulkanisierten Kautschuks deckt sich zum Teil mit den Er-

gebnissen von Planer, der, wenn auch nicht zahlenmäßig, auf Grund seiner oben angegebenen Versuche ebenfalls eine Formveränderung feststellte, allerdings nur bei demjenigen Kautschuk, der bereits eine geraume Zeit in der Mundhöhle getragen wurde, während ich für meine Vulkanisation ganz frischen Kautschuk verwendete.

Meine nach dreimaligen Vulkanisationen erhaltenen Schrumpfungswerte ließen die Frage aufkommen, wie verhält sich der Kautschuk nach einer Dauervulkanisation mit einer relativ langen Vulkanisationszeit? Steht die Dauer der Vulkanisation in irgend einem Zusammenhang mit der Schrumpfung? Um diese Frage beantworten zu können, nahm ich wieder je ein ungefärbtes, schwarzes, rotes und rosa Kautschukstück und bereitete diese Platten in der im vorigen Versuch angegebenen Weise zum Vulkanisationsakt vor; nur mit dem einzigen Unterschied, daß ich von dem Augenblick an, wo der Dampfdruck des Kessels die 7 Atmosphären erreichte, 7 Stunden lang vulkanisierte. Auch bei diesen Versuchsplättchen war eine Schrumpfung zu beobachten und zwar die größte wieder beim ungefärbten und schwarzen Kautschuk. Ich gebe die Messungen vor und nach dem Vulkanisationsvorgang wieder:

Vor dem Vulkanisieren			
ungefärbter Kautschuk	1. Messung	7,133	mm
	2. „	7,150	„
	3. „	7,127	„
	4. „	7,093	„
	Mittel	7,126	„
nach dem Vulkanisieren	1. Messung	6,803	„
	2. „	6,723	„
	3. „	6,680	„
	4. „	6,801	„
	Mittel	6,752	„
Die Schrumpfung beträgt demnach	=	0,341	„
Vor dem Vulkanisieren			
schwarzer Kautschuk	1. Messung	7,069	„
	2. „	7,058	„
	3. „	7,063	„
	4. „	7,081	„
	Mittel	7,068	„
nach dem Vulkanisieren	1. Messung	6,760	„
	2. „	6,778	„

	3. „	6,702	„
	4. „	6,733	„
	Mittel	6,743	„
Die Schrumpfung beträgt demnach	=	0,325	„
Vor dem Vulkanisieren			
roter Kautschuk	1. Messung	6,881	„
	2. „	6,873	„
	3. „	6,915	„
	4. „	6,873	„
	Mittel	6,885	„
nach dem Vulkanisieren	1. Messung	6,733	mm
	2. „	6,706	„
	3. „	6,696	„
	4. „	6,701	„
	Mittel	6,709	„
Die Schrumpfung beträgt demnach	=	0,176	„
Vor dem Vulkanisieren			
rosa Kautschuk	1. Messung	6,896	„
	2. „	6,800	„
	3. „	6,840	„
	4. „	6,876	„
	Mittel	6,853	„
nach dem Vulkanisieren	1. Messung	6,806	„
	2. „	6,833	„
	3. „	6,800	„
	4. „	6,789	„
	Mittel	6,807	„
Die Schrumpfung beträgt demnach	=	0,046	„

Aus diesen Messungswerten ersehen wir, daß die Zeit des Vulkanisierens auf Formveränderungen des Kautschuks bezüglich der Schrumpfung einen großen Einfluß hat, und deshalb müßte man bei der Herstellung eines Kautschukstückes gerade die Dauer der Vulkanisation scharf beobachten und sich genau an die vorgeschriebene Zeit halten. Denn längeres Vulkanisieren begünstigt zweifellos die Schrumpfung und verschlechtert den guten Sitz einer Prothese. Uebrigens setzen 7 Stunden vulkanisierte Prothesen deren elastische Eigenschaften sehr herab. Ich versuchte, meine 4 Kautschukproben in der Mitte durchzubrechen; es zeigte sich, daß der unter normalen Verhältnissen öfters vulkanisierte Kautschuk mechanischen Kräften gegenüber viel besser standhält und die Bruchfestigkeit des zu lange

vulkanisierten Kautschuks stark herabgesetzt wird. Der leichteste Bruch gelang mir beim 7 Stunden lang vulkanisierten rosa Kautschuk, der schwerste beim ungefärbten Kautschuk, was dafür sprechen würde, daß zwischen der Menge des Farbstoffzusatzes und den elastischen Eigenschaften eine Proportionalität besteht. Exakte Ergebnisse müssen einer speziellen Nachprüfung vorbehalten bleiben

Ich habe nun Messungen an dreimal vulkanisierten Kautschukplatten vorgenommen, die ich hohl einbettete. Es kam mir darauf an, den Kautschuk in einem Hohlraum zu vulkanisieren. Ich vermutete, daß die Schrumpfung größer sein müßte, meiner Meinung nach könnte in diesem Falle die Schrumpfung überhaupt nicht aufgehalten werden, da dem Kautschuk jeder Halt in dem Gips fehlt. Letzteres würde gegen eine Fertigstellung der Prothesen bezw. der Reparatur von Prothesen sprechen, die hohl eingebettet werden.

Je ein farbloses, schwarzes, rotes und rosa Kautschukstückchen von einer Länge von 2 und einer Breite von 1,5 cm wurden unter den oben angegebenen Bedingungen vulkanisiert, nämlich bei einer Temperatur von 165° bei 7 Atmosphärendruck, einer Steigzeit von 40 Min. und einer Vulkanisationsdauer von 75 Min. In jeder Kautschukplatte wurden wieder zwei Markierungen angedeutet. Die Punkte sind mit einem ganz feinen Strich verbunden worden, damit man sie im Mikroskop auch wirklich wiederfindet, da wir sehen werden, daß bei diesem Versuch die Kautschukstücke nach mehrmaliger Vulkanisation starke Unregelmäßigkeiten aufweisen und sich in dem mikroskopischen Bild allerhand Punkte einfinden, die die genaue Messung der ursprünglich angegebenen Punkte stark beeinträchtigen können. Die Entfernungen der einzelnen Punkte bei den verschiedenen Kautschukarten waren:

farbloser Kautschuk	1.	Messung	6,797 mm
	2.	„	6,781 „
	3.	„	6,728 „
	4.	„	6,773 „
		Mittel	6,770 „
schwarzer Kautschuk	1.	Messung	7,362 mm
	2.	„	7,321 „
	3.	„	7,413 „
	4.	„	7,483 „
		Mittel	7,395 „

roter Kautschuk	1. Messung	7,989	„
	2. „	8,050	„
	3. „	8,037	„
	4. „	8,000	„
	Mittel	8,019	„
rosa Kautschuk	1. Messung	7,893	„
	2. „	7,866	„
	3. „	7,923	„
	4. „	7,931	„
	Mittel	7,903	„

Der Hohlraum wurde doppelt so groß wie die Kautschukplättchen gewählt, sodaß sich der Kautschuk nicht auf Kosten des Gipses auszudehnen und ihn zu deformieren brauchte.

Es wurden also Wachsstückchen von einer Länge von 4 und einer Breite von 3 cm eingebettet, der Gegenguß gemacht, das Wachs ausgeschwemmt, die Kautschukstücke in die Hohlräume hineingelegt und vulkanisiert. Es zeigte sich, daß diejenigen Flächen, die dem Hohlraum zugekehrt waren, große Unregelmäßigkeiten aufwiesen. Die Flächen waren durchweg porös, vor allem die des schwarzen und ungefärbten Kautschuks; beim letzteren fand man viele Löcher und Einbuchtungen, die eine wiederholte Messung natürlich sehr erschwerten. Die Ränder waren übrigens durchweg glatt und erreichten ganz die Form des rohen Kautschuks. Die nun nochmals vorgenommenen Messungen ergaben folgende Werte:

ungefärbter Kautschuk	1. Messung	6,477	mm
	2. „	6,533	„
	3. „	6,467	„
	4. „	6,563	„
	Mittel	6,510	„

Die Differenz der ersten und zweiten Messung beträgt 0,26 oder 0,260 mm.

schwarzer Kautschuk	1. Messung	7,116	mm
	2. „	7,213	„
	3. „	7,191	„
	4. „	7,257	„
	Mittel	7,194	„

Die Differenz betrug 0,2 oder 0,201 mm.

roter Kautschuk	1. Messung	7,730	„
	2. „	7,772	„
	3. „	7,734	„

	4. „	7,781	„
	Mittel	7,754	„

Die Differenz betrug 0,26 oder 0,265 mm.

rosa Kautschuk	1. Messung	7,702	mm
	2. „	7,710	„
	3. „	7,712	„
	4. „	7,750	„
	Mittel	7,719	„

Die Differenz betrug 0,19 oder 0,184 mm.

Nach der zweiten Vulkanisation waren die Ergebnisse und Differenzen:

ungefärbter Kautschuk	1. Messung	6,390	mm
	2. „	6,406	„
	3. „	6,380	„
	4. „	6,374	„
	Mittel	6,388	„

Die Differenz betrug 0,13 oder 0,122 mm.

schwarzer Kautschuk	1. Messung	7,135	mm
	2. „	7,085	„
	3. „	7,096	„
	4. „	7,083	„
	Mittel	7,100	„

Die Differenz betrug 0,094.

roter Kautschuk	1. Messung	7,555	mm
	2. „	7,705	„
	3. „	7,475	„
	4. „	7,473	„
	Mittel	7,552	„

Die Differenz betrug 0,20 oder 0,202 mm.

rosa Kautschuk	1. Messung	7,461	mm
	2. „	7,633	„
	3. „	7,657	„
	4. „	7,614	„
	Mittel	7,636	„

Die Differenz betrug 0,08 oder 0,083 mm.

Nach der dritten Vulkanisation waren die Ergebnisse und Differenzen:

ungefärbter Kautschuk	1. Messung	6,216	mm
	2. „	6,183	„
	3. „	6,248	„

	4. „	6,266	„
	Mittel	6,228	„

Die Differenz betrug 0,16 oder 0,160 mm.

schwarzer Kautschuk	1. Messung	6,925	„
	2. „	6,934	„
	3. „	6,034	„
	4. „	6,966	„
	Mittel	6,965	„

Die Differenz betrug 0,16 oder 0,135 mm.

roter Kautschuk	1. Messung	7,443	mm
	2. „	7,432	„
	3. „	7,532	„
	4. „	7,446	„
	Mittel	7,463	„

Die Differenz betrug 0,09 oder 0,089 mm.

rosa Kautschuk	1. Messung	7,670	„
	2. „	7,589	„
	3. „	7,473	„
	4. „	7,609	„
	Mittel	7,585	„

Die Differenz betrug 0,05 oder 0,051 mm.

Wenn wir die einzelnen Messungen noch einmal gegenüberstellen, so ergibt sich folgendes:

ungefärbter Kautschuk roh	6,770	mm
nach der 1. Vulkanisation	6,510	„
nach der 2. Vulkanisation	6,388	„
nach der 3. Vulkanisation	6,228	„

demnach im ganzen eine Differenz von 0,55 oder 0,542 mm.

schwarzer Kautschuk roh	7,395	mm
nach der 1. Vulkanisation	7,194	„
nach der 2. Vulkanisation	7,100	„
nach der 3. Vulkanisation	6,965	,

demnach im ganzen eine Differenz von 0,43 oder 0,430 mm.

roter Kautschuk roh	8,019	mm
nach der 1. Vulkanisation	7,754	„
nach der 2. Vulkanisation	7,552	„
nach der 3. Vulkanisation	7,463	„

demnach im ganzen eine Differenz von 0,55 oder 0,556 mm.

rosa Kautschuk roh	7,903	mm
nach der 1. Vulkanisation	7,719	„
nach der 2. Vulkanisation	7,636	„

nach der 3. Vulkanisation 7,585 „
demnach im ganzen eine Differenz von 0,32 oder 0,322 mm.

Es sei betont, daß die Platten, besonders die ungefärbten nach jeder Vulkanisation immer unregelmäßiger wurden, sodaß sich die Messungen von Vulkanisation zu Vulkanisation erschwerten.

Nach jeder Vulkanisation ist bei jeder Kautschukart eine Schrumpfung zu verzeichnen. Die größte Schrumpfung erleidet der ungefärbte Kautschuk. Wenn auch der rote Kautschuk dieselbe Schrumpfungszahl von 0,55 mm aufweist, so muß doch in Betracht gezogen werden, daß diese 0,55 mm beim ungefärbten Kautschuk auf eine viel kleinere Fläche verteilt war. Während die ursprüngliche Entfernung beim ungefärbten Kautschuk 6,770 betrug, so war sie beim roten schon 8,019 mm. Die geringste Schrumpfung finden wir beim rosa Kautschuk, wo auf eine 7,903 große Fläche nur 0,32 mm Schrumpfung zu bemerken ist. Alle diese Werte sind natürlich nur vergleichsweise zu nehmen, Immerhin habe ich auch hier den Beweis gebracht, daß von sämtlichen untersuchten Kautschukarten der rosa Kautschuk die geringste Schrumpfung erfährt.

Eine Frage ist noch zu beantworten: welcher Kautschuk der fest oder hohl eingebettete erfährt die größte Schrumpfung.

Die ursprüngliche Länge des
ungefärbten Kautschuks
festeingebettet = 7,968 Schrumpfung 0,42 mm
hohleingebettet = 6,770 „ 0,55 „
schwarzen Kautschuks
festeingebettet = 7,653 „ 0,22 „
hohleingebettet = 7,395 „ 0,43 „
roten Kautschuks
festeingebettet = 6,426 „ 0,12 „
hohleingebettet = 8,019 „ 0,55 „
rosa Kautschuks
festeingebettet = 7,034 „ 0,08 „
hohleingebettet = 7,903 „ 0,32 „

Aus dieser Tabelle geht hervor: der hohleingebette Kautschuk erfährt eine größere Schrumpfung als der festeingebettete; aus diesem Grunde ist die praktische Bedeutung der Hohleinbettung gleich Null. Die größte Schrumpfung erfährt der ungefärbte und der schwarze Kautschuk. Während beim ungefärbten festeingebetteten Kautschuk der Strecke von

7,968 mm eine Schrumpfung von 0,042 mm entspricht, kommt beim hohleingebetteten Kautschuk auf eine kleinere Strecke, nämlich von nur 6,770 mm eine größere Schrumpfung von 0,55 mm. Dieselbe Erscheinung finden wir beim schwarzen Kautschuk; beim rosa und roten Kautschuk tritt sie nicht mehr so deutlich zutage.

Nun habe ich nochmals je eine farblose, schwarze, rote und rosa Kautschukplatte in kleine Vierecke geschnitten, welche dieselbe Länge und Breite wie die Kautschukplatten der vorangegangenen Versuche aufwiesen. Auch hier wurde die Entfernung zweier Punkte mikroskopisch gemessen und die Messung nach jeder Vulkanisation wiederholt. Die gemessenen Flächen der rohen Kautschukstücke habe ich mit einer Schicht Zinnfolie, die die Stärke von 0,1 mm hatte, belegt. Ich ging dabei von der durch Gysi gefundenen Tatsache aus, daß die Schrumpfung des Kautschuks, der mit glatten Flächen in Berührung steht, ein besonderes Maß einnimmt. Durch die Einführung der „Compensationsfolie" hat er für eine bessere Anfertigung von Kautschukprothesen ein Mittel gefunden, die Schrumpfung abzulenken, indem er die äußere Seite eines Wachsmodells mit Staniol umgibt und auf diese Weise nach dieser Seite hin die Schrumpfung ablenkt, während dabei die Innenseite, bei der es besonders auf Genauigkeit ankommt, fast vollkommen von der Schrumpfung bewahrt blieb. Im folgenden gebe ich die gefundenen Messungswerte wieder:

I. Kautschuk roh

ungefärbter Kautschuk	1. Messung	7,705	mm
	2. „	7,824	„
	3. „	7,805	„
	4. „	7,791	„
	Mittel	7,781	„
schwarzer Kautschuk	1. Messung	6,976	„
	2. „	6,886	„
	3. „	6,811	„
	4. „	6,782	„
	Mittel	6,863	„
roter Kautschuk	1. Messung	7,201	„
	2. „	7,216	„
	3. „	7,248	„
	4. „	7,245	„
	Mittel	7,228	„

rosa Kautschuk	1. Messung	7,664	„
	2. „	7,681	„
	3. „	7,639	„
	4. „	7,716	„
	Mittel	7,675	„

II. Kautschuk nach der 1. Vulkanisation

ungefärbter Kautschuk	1. Messung	7,665	„
	2. „	7,636	„
	3. „	7,723	„
	4. „	7,13	„
	Mittel	7,679	„
schwarzer Kautschuk	1. Messung	6,878	„
	2. „	6,880	„
	3. „	6,861	„
	4. „	6,781	„
	Mittel	6,850	„
roter Kautschuk	1. Messung	7,274	„
	2. „	7,206	„
	3. „	7,192	„
	4. „	7,221	„
	Mittel	7,223	„
rosa Kautschuk	1. Messung	7,592	„
	2. „	7,676	„
	3. „	7,641	„
	4. „	7,673	„
	Mittel	7,646	„

III. Kautschuk nach der 2. Vulkanisation

ungefärbter Kautschuk	1, Messung	7,513	„
	2. „	7,536	„
	3. „	7,525	„
	4. „	7,462	„
	Mittel	7,509	„
schwarzer Kautschuk	1. Messung	6,582	„
	2. „	6,578	„
	3. „	6,589	„
	4. „	6,577	„
	Mittel	6,582	„
roter Kautschuk	1. Messung	7,083	„
	2. „	7,059	„
	3. „	7,084	„

	4. „	7,112	„
	Mittel	7,085	„
rosa Kautschuk	1. Messung	7,389	„
	2. „	7,550	„
	3. „	7,572	„
	4. „	7,389	„
	Mittel	7,475	„

IV. Kautschuk nach der 3. Vulkanisation

ungefärbter Kautschuk	1. Messung	7,360	„
	2. „	7,396	„
	3. „	7,458	„
	4. „	7,370	„
	Mittel	7,394	„
schwarzer Kautschuk	1. Messung	6,563	„
	2. „	6,509	„
	3. „	6,514	„
	4. „	6,557	„
	Mittel	6,536	„
roter Kautschuk	1. Messung	6,736	„
	2. „	6,868	„
	3. „	6,898	„
	4. „	6,865	„
	Mittel	6,842	„
rosa Kautschuk	1. Messung	7,360	„
	2. „	7,396	„
	3. „	7,458	„
	4. „	7,370	„
	Mittel	7,394	„

Nach der Vulkanisation der Kautschukstücke beobachtete ich, daß die mit Staniol belegte Fläche schon mikroskopisch eine beträchtliche Schrumpfung aufweist; einzelne Stellen schienen anderen gegenüber erhöht. Dies macht sich auch dieses Mal in einem besonderen Grade beim ungefärbten Kautschuk bemerkbar. Dagegen war die andere, die nicht mit Staniol belegte Seite wundervoll gleichmäßig vulkanisiert, was uns veranlaßt, die Anwendung der Kompensationsfolie im technischen Laboratorium warm zu empfehlen.

Betrachten wir uns die letzten Tabellen, so ist über die Schrumpfung der mit Zinnfolie eingebetteten Kautschukplatten nach 3-maliger Vulkanisation im einzelnen folgendes zu sagen: der farblose Kautschuk schrumpft in einem

Betrag von 0,39 oder 0,387 mm bei einer ursprünglichen Flächenlänge von 7,781 mm, der schwarze Kautschuk um einen Betrag von 0,33 oder 0,327 mm bei einer Flächenlänge von 6,863 mm.

Beim roten Kautschuk beträgt die ursprüngliche Entfernung der beiden Punkte 7,228 mm, die Schrumpfung 0,386 mm.

Beim rosa Kautschuk ist die Entfernung 7,675 mm, die Schrumpfung dieser Strecke nach 3-maliger Vulkanisation beträgt 0,281 mm.

Ich stelle die Entfernungen und die zugehörigen Schrumpfungen noch einmal zusammen:

farbloser Kautschuk — 7,781 = 0,39 mm
schwarzer Kautschuk — 6,683 = 0,33 „
roter Kautschuk — 7,228 = 0,38 „
rosa Kautschuk — 7,675 = 0,28 „

Aus dieser Zusammenstellung geht hervor, daß auch in diesem Falle der ungefärbte Kautschuk die größte Schrumpfung erfährt, dann folgt der schwarze, der rote und schließlich der rosa, der auch hier wieder am wenigsten geschrumpft ist.

Haben nun die in den vorangegangenen Versuchen gefundenen Schrumpfungszahlen für die Praxis einen Wert? Um die Beantwortung dieser Frage zu lösen, habe ich die Gaumenseite (Innenseite) irgend einer Prothese in der horizontalen und vertikalen Richtung ausgemessen. In der horizontalen Richtung betrug die Prothese 6,6 cm, in der vertikalen 5 cm. Da der rote Kautschuk in der Praxis die größte Verwendung findet, brachte ich die gefundenen Schrumpfungswerte dieser Kautschukart in Beziehung zur Länge und Breite der ausgemessenen Prothese. Bei einer Fläche von 6,426 mm Länge beträgt die Schrumpfung nach dreimaliger Vulkanisation 0,12 mm. Demnach würde sie bei einer Fläche von 6,6 cm Prothesenlänge 1,23 mm und bei einer Fläche von 5 cm Breite 0,93 mm betragen. Wenn wir den Kautschuk hohl einbetten, so würde nach dreimaliger Vulkanisation ein Verlust von ca. 3mm zu verzeichnen sein. Beim rosa Kautschuk ist die Schrumpfung um ein beträchtliches geringer.

Die berechneten Werte von 1,23 bezw. 0,93 sind auch nicht absolut zu nehmen. Man bedenke, daß nur die Flächenkontraktion hier Berücksichtigung findet und daß der Volumverlust demnach ein viel größerer sein muß, der sich allerdings aber über die ganze Plattenfläche verteilt und in

einer praktischen Bedeutung hinter der Flächenschrumpfung weit zurücktritt.

Wir können also sagen, daß an sich die Schrumpfung relativ gering ist und daß man sie vom praktischen Standpunkt häufig vernachlässigen oder ganz aus dem Auge lassen kann. Wenn allerdings eine Kautschukplatte zum dritten Mal vulkanisiert werden muß, so könnten die ca. 1 mm Schrumpfung doch ins Gewicht fallen. Mit dem bloßen Auge werden wir den Schrumpfungsverlust nicht merken und beim Einsetzen solch einer Prothese wird uns auch sicher die Schrumpfung entgehen, wenn wir uns die starke Adaptionsfähigkeit der Mundschleimhaut ins Gedächtnis zurückrufen. Wenn wir aber unsere wissenschaftlichen Erfahrungen mit den praktischen vereinigen und immer nur das Beste vom besten anstreben wollen, also die Herstellung einer exakt sitzenden Prothese, so würde man eine dreimalige Reparatur doch besser entschieden ablehnen und dem Patienten diesen Standpunkt mit den Ergebnissen meiner Untersuchungen und den sich daraus ergebenden Schlüssen begründen.

Bei der zweiten großen Versuchsanordnung, bei der es sich darum handelt, zwei miteinander vulkanisierte Platten auf ihre mechanischen Eigenschaften hin zu prüfen und aus den Ergebnissen einen Schluß für die geeignetste Anwendung der verschiedenen Kautschukarten in der Praxis zu ziehen, ging ich von quadratischen Kautschukplatten aus, die eine Seitenlänge von 3 cm aufwiesen. Zunächst vulkanisierte ich zwei bereits vulkanisierte Platten miteinander, und dann je ein vulkanisiertes und rohes Kautschukstück. Ich untersuchte die Beziehung zweier Platten, die einmal von der gleichen Farbe waren und Kautschukplatten verschiedener Farben, woraus sich ein recht umfangreiches Kombinationsspiel ergab. Die bereits vulkanisierten Platten wurden mit Sandpapier gründlich gereinigt, um eine möglichst ebene Fläche zu erhalten. Dann wurden zwei Platten so aufeinander gelegt, daß sie sich überall berührten. Zu diesem Zweck habe ich den Kautschuk einige Male rasch durch die Flamme gezogen, ihn auf diese Weise ein wenig erwärmt und ihn dann unter leichtem Druck zwischen Buchseiten gepreßt. Dann bettete ich die Platten ein, und zwar befanden sich in einer Küvette 8 in je 2 Lagen. Bei den nun folgenden Vulkanisationen wurde die oben angegebene Temperatur, derselbe Atmosphärendruck, die gleiche Steigzeit und

die gleiche Vulkanisationsdauer benutzt. Zunächst vulkanisierte ich zwei bereits vulkanisierte Kautschukplatten der gleichen Farbe. Die Platten

rot-rot	rosa-rosa
schwarz-schwarz	weiß-weiß

berührten sich an keiner Stelle (der Einfachheit halber bezeichne i ch den ungefärbten Kautschuk als weißen, trotzdem man unter weißem eine ganz andere Kautschuksorte versteht, einen Kautschuk, der noch mehr Farbstoff als der rosa enthält). Die Platten gingen leicht auseinander, sogar schon beim Herausnehmen aus der Küvette. An den sich berührenden Flächen war keine Veränderung wahrzunehmen.

Nun wurden Kautschukstücke von ungleicher Farbe vulkanisiert, nämlich

rot-schwarz	schwarz-rosa
rot-rosa	schwarz-weiß
rot-weiß	rosa-weiß

Auch diese Platten konnten durch leichten Druck auseinander genommen werden, wenn man auch zugeben muß, daß dies etwas schwieriger vonstatten ging als bei den gleichfarbigen Platten. Es sei noch bemerkt, daß diejenigen Proben am schwersten voneinander zu lösen waren, bei denen der weiße Kautschuk vertreten war. Von den drei Proben schwarz-weiß, rot-weiß, rosa-weiß haften noch am stärksten zusammen schwarz-weiß, am schwächsten rosa-weiß.

Nun untersuchte ich ein vulkanisiertes und ein unvulkanisiertes Kautschukstück zusammen. Das vulkanisierte wird wieder mit Sandpapier gesäubert und die rohe Kautschukplatte lose daraufgelegt:
rot (vulkanisiert)-rot (roh), rosa (vulkanisiert)-rosa (roh), schwarz (vulkanisiert)-schwarz (roh), weiß (vulkanisiert) weiß (roh).

Auf den ersten Blick fiel auf, daß die Platten viel fester vereinigt sind, als beim vorigen Versuch. Sie sind alle in der Mitte zersägt worden, und nun versuchte ich mit einer leichten Hebelwirkung, indem ich ein kleines Wachsmesser zwischen die beiden Platten stemmte, sie auseinander zu bringen. Erst nach stärkerer Krafteinwirkung gelang es mir und zwar nur bei den ersten beiden Platten. Schwarz-schwarz, weiß-weiß waren an einzelnen Stellen zusammengebacken, an denen man sie nicht auseinander bekam. Die Hebelwir-

kung mußte so stark angewendet werden, daß sie an diesen Stellen zerbrachen. Auffallend ist, daß schon bei rot-rot, rosa-rosa die aufeinandergelegten Flächen ein anderes Bild zeigen als beim vorigen Versuch; es sah so aus, als ob die Farbe der beiden Platten ineinander überging. Die Farbe der später vulkanisierten helleren Platte vereinigte sich mit der Farbe der ursprünglich vulkanisierten dunkleren Platte. Noch viel deutlicher zeigte sich diese Erscheinung bei den Platten schwarz-schwarz, weiß-weiß.

Nun vulkanisierte ich folgende Farben miteinander:

I.	II.	I.	II.
rot-schwarz		rot-weiß	
rot-rosa		schwarz-weiß	
rosa-weiß		schwarz-rosa	

(Die Rubrik I bezeichnet die schon vulkanisierte, die Rubrik II die rohe Kautschukplatte).

Auch diese Platten wurden in der Mitte zersägt. Ich versuchte die eine Hälfte der zersägten Platten auseinanderzu bringen; dies erforderte mehr Kraftanwendung als bei denselben Vulkanisationen der gleichen Farben. Bei rot-schwarz mußte ich eine stärkere Gewalt anwenden, als bei rot-rosa und schwarz-rosa.

Außer schwarz-weiß und rot-weiß waren mehr oder weniger sämtliche Platten voneinander zu trennen. An den sich berührenden Flächen konnte man eine Farbenmischung und festgebackene Stellen beobachten. Die Platten schwarz-weiß und rot-weiß waren innig miteinander verbunden. Selbst die stärkste Kraftwirkung reichte nicht aus, sie von einander zu lösen. Um das zuletzt gefundene Ergebnis nochmals nachzuprüfen, habe ich den Versuch wiederholt. Ein vulkanisiertes rotes und schwarzes Kautschukstückchen habe ich mit je einem unvulkanisierten weißen Kautschukstück noch einmal eingebettet und die gleiche Probe gemacht. Auch bei diesem Versuch hafteten die Platten fest zusammen. Zum Vergleich vulkanisierte ich zu gleicher Zeit eine bereits vulkanisierte rote und schwarze Platte, mit je einem ebenfalls schon vulkanisierten weißen Kautschukstück. Diese Platten gingen durch leichten Druck auseinander (s. oben) Hierbei sei die Beobachtung vermerkt, daß zwei vulkanisierte Platten bei weitem nicht die Haftintensität einer vulkanisierten und einer unvulkanisierten Platte besitzt.

Die andere Hälfte der zersägten Platten:

rot-rot	rot-schwarz

schwarz-schwarz
rosa-rosa
weiß-weiß
rot-rosa
rosa-weiß
schwarz-rosa

die nach der ersten Vulkanisation mehr oder weniger voneinander zu trennen waren, wurden einer zweiten Vulkanisation unterzogen, um zu sehen, ob bei einer weiteren Vulkanisation, die Kraft, die beim Lostrennen dieser Platten notwendig ist, konstant bleibt oder noch stärker angewendet werden muß.

Es ergab sich folgendes: die Platten rot-rot, rosa-rosa waren schwieriger voneinander zu lösen als die gleichen Platten nach der ersten Vulkanisation; bei rosa-rosa ging es leichter vonstatten als bei rot-rot. Schwarz-schwarz, weiß-weiß hafteten ebenfalls inniger zusammen als nach der ersten Vulkanisation. Sie lösten sich schwerer los als rot-rot, rosa-rosa und waren an einzelnen Stellen fest miteinander verbunden .Bei den Farbenzusammensetzungen:

rot-schwarz
rot-rosa
schwarz-rosa
rosa-weiß

konnte ich beobachten, daß die zweite Vulkanisation das Voneinanderlösen der Platten erschwerte und sie fester miteinander verband. Es ergibt sich daraus, daß eine mehrmalige Vulkanisation die Haftintensität zweier gleichfarbiger und verschieden farbiger Kautschuksorten im allgemeinen noch vermehrt. Während ich bisher alle zueinander gehörigen Kautschukplatten fest einbettete, habe ich sie in dem nun zu besprechenden Versuch mit Gegenguß vulkanisiert. Auf die vulkanisierten Platten

rot, rot, rot, schwarz, schwarz, rosa,

wurde eine Schicht Rosa-Wachs in der Dicke der Platte gelegt, der Gegenguß vorbereitet, dasWachs ausgeschwämmt und Abzugskanäle in den Gips geschnitten. Jetzt wurde roher Kautschuk

schwarz, rosa, weiß, rosa, weiß, weiß

in doppelter Lage an Stelle des ausgewaschenen Wachses gelegt, sodaß wir wieder unsere alten Kautschukkombinationen erhielten:

rot-schwarz
rot-rosa
rot-weiß
schwarz-rosa
schwarz-weiß
rosa-weiß

Der Kautschuk war also im Ueberschuß vorhanden. Die Küvetten wurden gepreßt und in den Kessel gestellt. Nach vollendeten Vulkanisationen waren sämtliche Platten so fest miteinander verbunden, daß man in diesem Falle von einer wahren mechanischen Vereinigung sprechen kann. Eventuell vorhandene mechanische Retentionsstellen wurden dadurch der Diskussion enthoben, daß jede Platte, die ich an verschiedenen Stellen zersägte, überall eine innige Verbindung aufwies.

Zusammenstellend sei gesagt:

1. Bereits vulkanisierte Kautschukplatten sowohl der gleichen als auch der ungleichen Farbe sind schon nach der ersten Vulkanisation leicht auseinander zu nehmen. Aus dieser Tatsache ergibt sich für die technische Fertigstellung von Reparaturen zweifellos die Notwendigkeit mechanischer Verankerung, z. B. die Anbringung von Unterschnitten in den Kautschukbruchstücken.
2. Nach der Vulkanisation einer vulkanisierten und einer rohen Kautschukplatte nimmt die Haftintensität zu; bei den ungleichfarbigen Platten ist sie größer als bei den gleichfarbigen; am größten ist sie bei den Platten: rot-weiß, schwarz-weiß. Aus diesem Grunde wird man bei der Wahl des Reparaturkautschuks gerade diese beiden Kombinationen besonders berücksichtigen müssen.
3. Die Haftintensität steht im indirekten Verhältnis zum Farbstoffzusatz des Rohkautschuks, der rosa Kautschuk haftet am leichtesten, der weiße am stärksten.
4. Eine mehrmalige Vulkanisation begünstigt die Haftintensität zweier verschieden farbiger Kautschukplatten.
5. Da wir gesehen haben, daß nur die mit Ueberschuß vulkanisierten Kautschukplatten vollkommen miteinander vereinigt sind, so ist das Einbetten mit Ueberschuß bei mehrmaligen Reparaturen in der Praxis das einzig zu empfehlende Verfahren, wie es auch empirisch tatsächlich ausgeübt wird. Eine mehrmalige Vulkanisation ist für die Haftintensität zweier Kautschukarten nicht von schädlichem Einfluß und von diesem Gesichtspunkt aus sind mehrmalige Reparaturen einer Prothese nicht zurückzuweisen

---

Zum Schluß möchte ich nicht versäumen, Herrn Prof. Dr. Greve für die Ueberlassung dieses Themas und seine gütige Unterstützung zu dessen Beendigung aufs beste zu danken.

Literatur.

Brammer: Ueber die Kautschukschrumpfung. Zeitschr. f. Zahnärztliche Materialkunde und Metallurgie, Heft 1, 1928.

Gysi: Kautschuk - Vulkanisation. Schweizerische Vierteljahrsschrift f. Zahnheilkunde, 1921.

Gysi: Zusammenfassung der Fehlerquellen, die bei der Anfertigung einer Kautschukplatte entstehen können, wenn den physikalischen und chemischen Eigenschaften der verwendeten Materialien nicht genügend Rechnung getragen wird. Schweizerische Vierteljahrsschr. f. Zahnheilkunde, 1918.

Jung und Müller: Einige Versuche über das Vulkanisieren des Kautschuks. Korresp. Bl. für Zahnärzte, 1897.

Paetz: Bestimmung des spezifischen Gewichts vom Zahnkautschuk und eine einfache Versuchsmethode zur Ermittlung der Bruchfestigkeit dieses Materials in Beziehung zum Vulkanisationsprozeß. D. Z. W., 1921.

Planer: Formveränderungen des Kautschuk nach mehrmaligem Vulkanisieren. Zeitschr. f. St., 1929.

Scheff: Handbuch der Zahnheilkunde, Bd. IV.

Schönbeck: Materialkunde, Bd. I.

Schwarz: Die Herstellung zahnärztlicher Kautschukarbeiten im Streichverfahren. Z. f. St., 1926.

Snow: The conversion of India Rubber into vulcanite. Dental Cosmos, 1918.

Wirz: Der Einfluß der Vulkanisation des Zahnkautschuks auf dessen Festigkeit. Schweizerische Monatsschr. für Zahnheilkunde, 1924.

Lebenslauf.

Am 30. Oktober 1903 bin ich in Bismarckhütte O. S., Kreis Beuthen, geboren. Ich bin katholisch und besitze die preußische Staatsangehörigkeit. Nachdem ich am 16. Februar 1923 an der Städtischen Oberrealschule zu Oppeln meine Reifeprüfung ablegte, wurde ich am 30. April 1923 an der Schlesischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Breslau in der medizinischen Fakultät immatrikuliert. Mein Staatsexamen absolvierte ich nach 10 Semestern — drei vollmedizinischen und sieben zahnmedizinischen — am 18. Dezember 1928.

Annemarie Chovanec,
Zahnärztin.